

# 油圧式ねじ転造盤に於ける送り速度が転造時間 並びに接線抵抗に及ぼす影響について

村 中 利 吉      高 辻 雄 三  
南      立 作

Analytical Evaluation of Thread Rolling Time and Tangential Force correlated with various Moving Dies Feed Conditions at the oil Hydraulic Thread Rolling Machine.

Rikiti MURANAKA      Yuso TAKATUZI  
Ryusaku MINAMI

The thread rolling time and the tangential force varied with feed conditions of the moving dies. In practice it is useful for some purposes that we would try to discover optimum conditions for the rolling time and the feed. Lately some investigators reported for the thread rolling but they did not analytically clarified these points. The author induced some theoretical formulas and tried some experiments and verified that analytical results nearly coincided with experimental results.

## 1 緒 言

ねじ転造に於ける理論的又は実験的な研究は、山本、井上、或はApel等によつて提唱されているが、ダイス送り速度が、転造時間や接線抵抗に及ぼす影響についての理論的解明は未だ明確ではない、筆者は油圧式ねじ転造盤についてこの点を理論的に解析し、上述の各式の理論式とを比較検査し、更らに実験によつてその結果を確かめようと試みた、又接線抵抗については、抵抗力は素材の塑性変形に基づく抵抗力と、一般のねじの嵌合による摩擦力との総和であることを前提として数式を立て、各回転毎の抵抗力の変化の状況を求めた。

## 2 理論的解析

以下の解析においては、ねじはとがり三角形として取り扱うことにする、又変形抵抗は転造の全過程を通じて一定であるものと仮定する、又負荷状態は図-2, a, bの二つの場合について別々に解析を進める。

(a) 転造圧力一定の場合 (図-2, a)

今Pなる一定転造圧力が作用して素材が一回転した場合ダイスが素材に喰込んで素材と接触する幅をbとし、この場合生ずるねじ溝の高さを $\Delta\xi_1$ とするとbは $\triangle O_1O_2C$ を考へると次の如く求められる。

$$\left. \begin{aligned} \beta &\cong \sqrt{\frac{r_k}{R(\gamma_k + R)}} \sqrt{2\Delta\xi_1} \\ b &\cong \beta R = \sqrt{\frac{P r_k}{r_k + R}} \sqrt{2\Delta\xi_1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

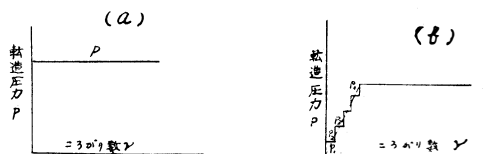


図-2

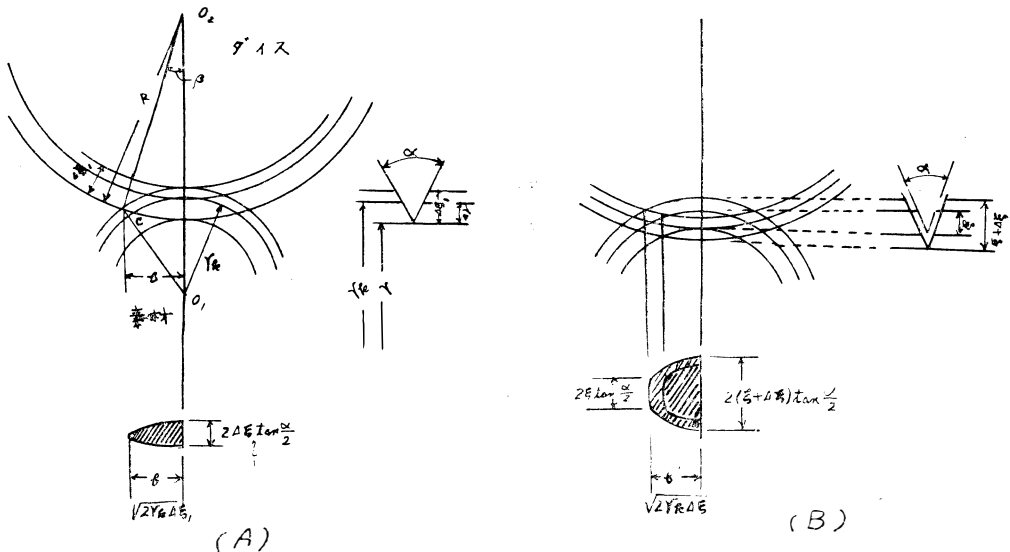


図-1

普通  $R$  は  $r_k$  に比して極めて大きい場合が多いので  $R = \infty$  とすると

$$b = \sqrt{2r_k \Delta \xi_1} \dots \dots \dots (2)$$

この場合のダイスと素材との接触面積は図-1 (A) の影線の部分で示されその値は

$$A_1 \cong \frac{8}{6} \Delta \xi_1 \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2r_k \Delta \xi_1} \dots \dots \dots (3)$$

次に任意のねち溝の高さ  $\xi$  のところで更に押込みを続けてねち溝の押込みと盛り上りの合計、即ちねち高さの増加  $\Delta \xi$  を得たとするとこの場合のダイスと素材との接触長さ並びに接触面積は図-1 (B) に示す影線の部分であつて次の如く求められる。

$$b' = \sqrt{2r_k \Delta \xi} \dots \dots \dots (4)$$

面積は近似的に影線の部分を梯形と見なすと

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{2(\xi + \Delta \xi) \tan \frac{\alpha}{2} + 2\xi \tan \frac{\alpha}{2}}{2} \times \sqrt{2r_k \Delta \xi} \\ &= 2 \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2r_k \Delta \xi} \left( \xi + \frac{\Delta \xi}{2} \right) \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

最初の仮定に基づいて変形抵抗が常に一定と考へると一定転造圧力に対しては接触面積は常に相等しくなければならない、従つて上に求めた(3)と(5)の両面積は相等しくおかれる故に

$$\begin{aligned} \frac{8}{6} \Delta \xi_1 \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2r_k \Delta \xi_1} &= 2 \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2r_k \Delta \xi} \left( \xi + \frac{\Delta \xi}{2} \right) \\ \frac{8}{6} \Delta \xi_1^{3/2} &= 2 \Delta \xi^{1/2} \left( \xi + \frac{\Delta \xi}{2} \right) \quad \Delta \xi = \frac{4}{9} \frac{\Delta \xi_1^3}{\left( \xi + \frac{\Delta \xi}{2} \right)^2} \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

素材のころがり数を  $\nu$  とすると  $\nu$  が大きい場合は上式はねち山高さの増加率を示すことになる故に(6)式を次の如く変形される。

$$\frac{d\xi}{d\nu} = \frac{4}{9} \Delta \xi_1^3 \frac{1}{\xi^2} \dots \dots \dots (7)$$

一般にねち山の高さ  $\xi$  を求めるに際しては図-2 に示す如くダイスの素材への押込部の面積がね

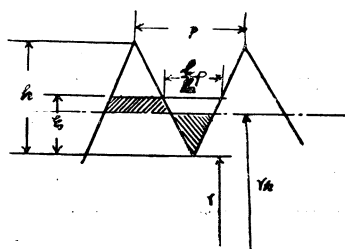


図-3

ちの盛り上の面積に等しいと仮定して次の如く求める、今完成ねちの全長を  $L$  任意の回転に於けるねちの接触長さを  $\ell$  とすると上の仮定より次式が成り立つ

$$\xi = (r_k + r) + \frac{\{p - 2(r_k - r)\tan\frac{\alpha}{2} - p(1 - \frac{\ell}{L})\}}{2\tan\frac{\alpha}{2}}$$

$$= \frac{p\frac{\ell}{L}}{2\tan\frac{\alpha}{2}} \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{又, } \ell = L \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{h}(r_k - r)} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

(9)と(8)とから

$$\xi = \frac{p \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{h}(r_k - r)} \right\}}{2\tan\frac{\alpha}{2}} \dots\dots\dots(10)$$

今,  $\frac{r_k - r}{r_k} = n$  を凹み比として(10)を  $n$  について微分すると,

$$\frac{d\xi}{dn} = \frac{p}{2\tan\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{r_k}{h} \left( 1 - \frac{2}{h}nr_k \right)^{-1/2} \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{(7)と(11)より } \frac{dn}{d\nu} = \frac{4}{9} \Delta\xi_1^3 \times \frac{1}{\xi^2} \times \frac{2\tan\frac{\alpha}{2}h \left( 1 - \frac{2}{h}nr_k \right)^{1/2}}{pr_k}$$

$$= \frac{32}{9} \Delta\xi_1^3 \tan^3\frac{\alpha}{2} \frac{h}{r_k p^3} \frac{\sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}}{\left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n} \right)^2}$$

今,  $\frac{32}{9} \Delta\xi_1^3 \tan^3\frac{\alpha}{2} \frac{h}{r_k p^3} = K$  とおけば上式は次の如くかかる。

$$\frac{dn}{d\nu} = K \frac{\sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}}{\left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n} \right)^2} \dots\dots\dots(12)$$

素材の回転数は(12)式を積分して求められる即ち

$$d\nu = \frac{2}{K} \frac{dn}{\sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}} - \frac{2}{K} dn - \frac{2r_k}{Kh} \frac{ndn}{\sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}} \dots\dots\dots(13)$$

$$\int \frac{dn}{\sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}} = -\frac{h}{r_k} \sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}$$

$$\int \frac{ndn}{\sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}} = \frac{-h^2}{2r_k^2} \left\{ \sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n} - \frac{1}{3} \sqrt{1 - \frac{2}{h}r_k n}^3 \right\}$$

であるからこれらを(13)に代入すると

$$\nu = \frac{-h}{Kr_k} \left( 1 - \frac{2}{h}r_k n \right)^{1/2} - \frac{2}{K} n - \frac{h}{3Kr_k} \left( 1 - \frac{2}{h}r_k n \right)^{3/2} + C \dots\dots\dots(14)$$

積分定数Cは次の境界条件から求められる(10)式を変形すると。

$$n = \frac{h}{2r_k} \left( \frac{4\xi \tan \frac{\alpha}{2}}{p} - \frac{4\xi^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2}}{p^2} \right) \dots\dots\dots(15)$$

今  $\nu = 1$  の時の  $n$  を  $n_1$  とすれば  $n_1$  は次の如く与えられる。

$$n_1 = \frac{h}{2r_k} \left( \frac{4 \Delta \xi_1 \tan \frac{\alpha}{2}}{p} - \frac{4 \Delta \xi_1^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2}}{p^2} \right) \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{故に } C = 1 + \frac{1}{K r_k} \left( 1 - \frac{2}{h} r_k n_1 \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{2n_1}{K} + \frac{h}{3K r_k} \left( 1 - \frac{2}{h} r_k n_1 \right)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(17)$$

(17)を(14)に代入すると

$$\begin{aligned} \nu = 1 + \frac{h}{K r_k} \left\{ \left( 1 - \frac{2}{h} r_k n_1 \right)^{\frac{1}{2}} - \left( 1 - \frac{2}{h} r_k n \right)^{\frac{1}{2}} \right\} + \frac{2}{K} (n_1 - n) + \frac{h}{3K r_k} \\ \left\{ \left( 1 - \frac{2}{h} r_k n_1 \right)^{\frac{3}{2}} - \left( 1 - \frac{2}{h} r_k n \right)^{\frac{3}{2}} \right\} \dots\dots\dots(18) \end{aligned}$$

転造圧力一定の場合は(18)式によつて素材の回転数を求め得るのであるがこの場合一定圧力Pによる最初一回目のねち高さ  $\Delta \xi_1$  を求めることが必要となる。今山本氏の転造圧力の基礎式を変形すると

$$\frac{d(r_k - r)}{d\nu} = \frac{2P^2}{2H^2 L^2 r_k \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2(r_k - r)}{h}} \right\}^2} \dots\dots\dots(19)$$

$$\text{一方(10)より } \frac{2 \tan \frac{\alpha}{2}}{p} \Delta \xi_1 = 1 - \sqrt{1 - \frac{2}{h}(r_k - r)} \dots\dots\dots(10)'$$

(10)'を(19)に代入すると

$$\frac{d(r_k - r)}{d\nu} = \frac{P^2 p^2}{4H^2 L^2 r_k \tan^2 \frac{\alpha}{2} \Delta \xi_1^2} \dots\dots\dots(20)$$

但し、 $H$  = 素材の変形抵抗  $\text{kg/mm}^2$  である、 $P$  が一定であるから(19)を積分すると

$$r_k - r = \frac{P^2 p^2}{4H^2 L^2 r_k \tan^2 \frac{\alpha}{2} \Delta \xi_1^2} \nu \dots\dots\dots(21)$$

$\nu = 1$  であるからこの場合

$$r_k - r = \frac{P^2 p^2}{4H^2 L^2 r_k \tan^2 \frac{\alpha}{2} \Delta \xi_1^2} \dots\dots\dots(21)'$$

(16)と(21)'式とから

$$\Delta \xi_1 = \left\{ \frac{P^2 p^2}{8H^2 L^2 r_k h \tan^2 \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \frac{\tan \frac{\alpha}{2}}{p} \Delta \xi_1 \right)} \right\}^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(22)$$

(22)より最初の一回目のねち山の高さを求めることが出来る、(18)式より素材のくぼみ比  $n$  と素材の回転数  $\nu$  との関係を図示することが出来る。この図より各回転に於ける接線抵抗の変化を求めることが容易である、今任意の回転に於けるそれ迄の素材のくぼみ比を  $n_s$  とするとこの点に於ける塑性変形による接線抵抗は次式によつて示される

$$T' = \frac{LH}{p} \left( n_{s-1}^2 r_k^2 \tan \frac{\alpha}{2} - n_s^2 r_k^2 \tan \frac{\alpha}{2} \right) \dots\dots\dots(23)$$



又、ダイスと素材との摩擦係数を $\mu$ とすれば接触摩擦による接線抵抗は次式の通りである

$$T'' = \frac{\mu P}{2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad \text{ねじ溝を考慮した場合} \dots\dots\dots (24)$$

$$T'' = \frac{\mu P}{2} \quad \text{ねじ溝を無視した場合} \dots\dots\dots (24')$$

故に全接線抵抗は(23)(24)との総和で示されるから

$$\begin{aligned} T &= \frac{\mu P}{2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{LH}{P} (n^2 s_{-1} r_k^2 \tan \frac{\alpha}{2} - n_s^2 r_k^2 \tan \frac{\alpha}{2}) \\ &= \frac{\mu P}{2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \frac{LH r_k^2 \tan \frac{\alpha}{2}}{P} (n^2 s_{-1} - n_s^2) \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

$$\text{或は} \quad T = \frac{\mu P}{2} + \frac{LH r_k^2 \tan \frac{\alpha}{2}}{P} (n^2 s_{-1} - n_s^2) \dots\dots\dots (25')$$

又、転造時間は次の如くにして求められる、今ダイス無負荷時の毎分回転数を $N$ 、ねじ条数を $k$ とするとダイスが負荷時に於いても回転数に変化がないものと仮定すれば素材が転造を完了する迄に要する時間 $t$  secは次式によつて表はされる。

$$t = \frac{\frac{\nu}{Nk}}{\frac{60}{60}} = \frac{60\nu}{Nk} \dots\dots\dots (26)$$

上式中 $\nu$ は転造完了迄の素材のころがり数である。

(b) 転造圧力が階段的に上昇する場合 (図-2, b)。

一般の油圧式ねじ転造盤に於いては移動ダイスの送り速度の如何により圧力上昇の勾配は違ふが図-2の点線に示す様な直線的变化を行つて所定の圧力に達するがここに於いては計算の便宜上素材の毎回転について $P_1 P_2 \dots\dots P_n$ 迄階段的に上昇するものと仮定する、今素材の第1回転においては $P_1$ なる圧力が作用しこの時に素材に生ずるねじ山の高さを $\Delta \xi_1$ とし、第2回目の回転の時には $P_2$ なる圧力が作用しこの時に素材に生ずるねじ山の高さを $\Delta \xi_2$ とし、 $n$ 回目の回転の時に所定の圧力 $P$ に達しこの時の回数目に生ずる素材のねじ山の高さを $\Delta \xi_n$ とする、第1回目の転造のみによつて生ずるねじ山の高さは(22)式より

$$\Delta \xi_1 = \left\{ \frac{P_1^2 p^3}{8H^2 L^2 r_k^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2} (1 - \frac{\tan \frac{\alpha}{2}}{p} \Delta \xi_1)} \right\}^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (22')$$

第2回目の素材の回転によつて生ずるダイスと素材との接触面積は(5)式より次の如く表わされる。

$$A_2 = 2 \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2 r_k \Delta \xi_2} (\Delta \xi_1 + \frac{\Delta \xi_2}{2}) \dots\dots\dots (23')$$

従つて $A_2$ の面積による素材の全変形抗力が第2回目の転造圧力 $P_2$ に等しくなる筈であるから次式が成立する。

$$P_2 = H \frac{L}{p} \times 2 \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2 r_k \Delta \xi_2} (\Delta \xi_1 + \frac{\Delta \xi_2}{2})$$

$$\text{故に} \quad \Delta \xi_2 = \frac{P_2^2 p^2}{8 r_k H^2 L^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2} (\Delta \xi_1 + \frac{\Delta \xi_2}{2})^2} \dots\dots\dots (27)$$

同様に第 $n$ 回目の転造によつてその回目だけに生ずるねじ山の高さ $\Delta \xi_n$ は次式によつて示される。

$$\Delta \xi_n = \frac{P_n^2 - p^2}{8\gamma_k H^2 L^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2} \left\{ (\Delta \xi_1 + \Delta \xi_2 + \dots + \Delta \xi_{n-1}) + \frac{\Delta \xi_n}{2} \right\}^2} \dots\dots\dots(28)$$

又第1回より第n回目迄の素材のくぼみ比 $n_1 \dots n_n$ は(25)式の $\xi$ にそれぞれ $\Delta \xi_1, \Delta \xi_1 + \Delta \xi_2, \dots \Delta \xi_1 + \Delta \xi_2 + \dots + \Delta \xi_n$ を代入して求めることが出来る, 又n回転以後の素材の回転数は作用荷重が一定であるから(18)式によつて求めることが出来る, この場合積分定数Cは次の如く表わされる。

$$C = n + \frac{1}{K' \gamma_k} \left(1 - \frac{2}{h} n_n\right)^{1/2} + \frac{2n_n}{K'} + \frac{h}{3K' \gamma_k} \left(1 - \frac{2}{h} \gamma_k n_n\right)^{3/2} \dots\dots\dots(29)$$

$$\text{又, } K' = \frac{32}{9} (\Delta \xi_1 + \Delta \xi_2 + \dots + \Delta \xi_n)^3 \tan^2 \frac{\alpha}{2} \frac{h}{\gamma_k p^3} \dots\dots\dots(30)$$

従つて(18)式は次の如く変形されて素材の総ころがり数 $\nu$ は次の如く表わされる。

$$\nu = n + \frac{h}{K' \gamma_k} \left\{ \left(1 - \frac{2}{h} \gamma_k n_n\right)^{1/2} - \left(1 - \frac{2}{h} \gamma_k n\right)^{1/2} \right\} + \frac{2}{K'} (n_n - n) + \frac{h}{3K' \gamma_k} \left\{ \left(1 - \frac{2}{h} \gamma_k n_n\right)^{3/2} - \left(1 - \frac{2}{h} \gamma_k n\right)^{3/2} \right\} \dots\dots\dots(31)$$

転造時間や接線抵抗は転造圧力一定の場合に準じて容易に求められる, 今素材径 $7.15\phi 0.19\%C$ の軟鋼を例にとつてその変形抵抗を $400\text{Kg/mm}^2$ と仮定しねち長さ $30\text{mm}$ , ねちピッチ $1.25\text{mm}$ のメートルねちを $2500\text{Kg}$ の実転造圧力によつて転造する場合のくぼみ比 $n$ と素材のころがり数との関係及び素材のころがり数と接線抵抗との関係を(18), (25), (31)式を適用して計算図示すると図-4の如くなる, 図に於いて $P_1$ 曲線は $P_1$ 負荷即ち負荷最初から $2500\text{Kg}$ の場合であり $P_5$ 曲線は負荷が段階的に上昇しころがり数5回目に所定の $2500\text{Kg}$ の負荷になる場合を示す。

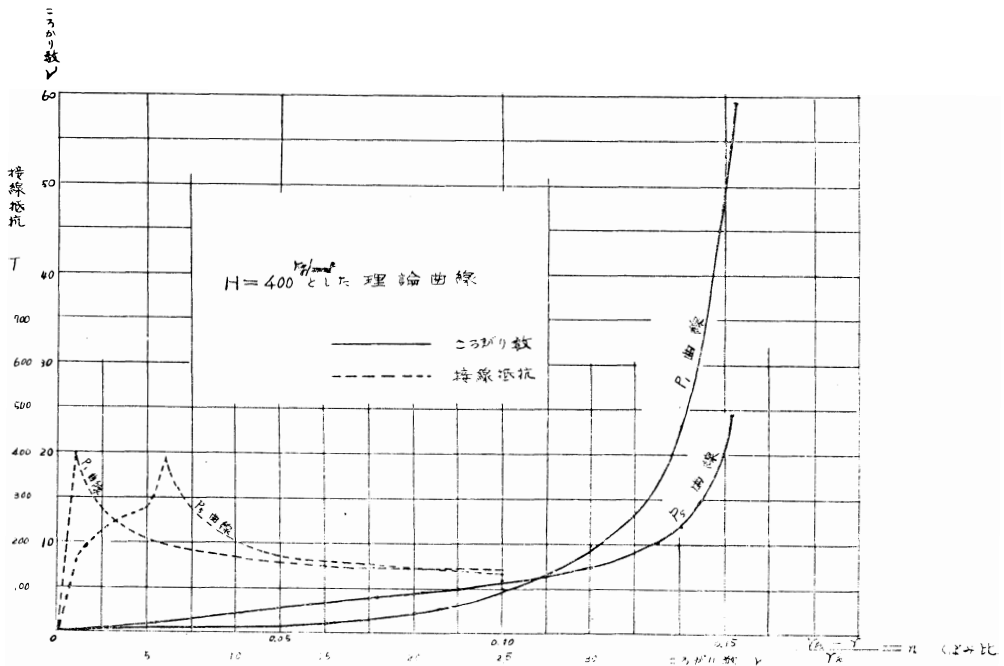


図-4

### 3 実験の概要

油圧式ねち転造盤によつてねちを転造する場合ダイスの送り速度が転造完了迄の時間に如何様に

影響するか、又素材の各回転時に於ける接線抵抗が如何様に変化するか観察し今迄誘導した理論式の妥当性を吟味せんとする為めに次の要領で実験を試みた、使用機械は津上製作所 5D型ねじ転造盤でダイスの回転数は毎分43回転、16条ねぢで pitch 1.25mmのメートルねぢである、素材は0.19%C軟鋼で素材径7.15mmねぢ部の長さ30mmとする、勿論変形抵抗は転造速度によつて影響を受ける訳であるが実験の都合によつて一応この点を考慮外においてダイスの回転速度を $\frac{1}{2}$ に減速し概ね素材1回転に2秒を要する様にした、先づ転造所要圧力を見かけの圧力3000Kg迄の上昇時間を素材のころがり数1回及び5回とし各場合について素材の毎回転毎のねぢ山の高さを測定し転造終了時付近においてはその素材を三針法によつて測定しねぢ転造完了時刻を判別した、又同様に上述の各場合についての接線抵抗をワットメータの読みによつて求めた、ダイスの回転数は無負荷時と負荷時とは異なる筈であるが一応無負荷時の回転数を基として一定と見なした、又正味転造圧力はゲージ圧力3000Kgの時は無負荷時の圧力が約500Kgを示すから結局2500Kg程度と看做される、ねぢの高さの測定は日本光学の万能投影機倍率50倍にて測定した、ワットメータの読みより接線抵抗を求めるには次式による。

$$2T \times \frac{2\pi N}{60} \times \frac{R}{100} = 0.102W$$

$$T = \frac{48.72}{NR} W \dots\dots\dots (32)$$

上式中 T=接線抵抗力 Kg  
N=ダイス毎分回転数  
R=ダイス半径 cm  
W=ワットメータの読み、ワット  
装置の概貌は写真-1に示す如くである。

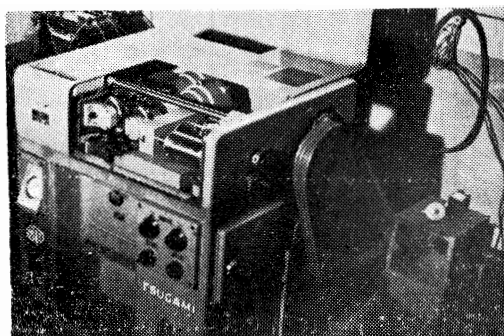


写真-1

#### 4 実験結果並びに考察

実験によつてくぼみ比  $n$  と素材のころがり数との関係及び素材ころがり数と接線抵抗との関係を求めると図-5の如くなる、図-5によると  $P_t$  曲線については実測曲線と理論曲線とは著るしく異

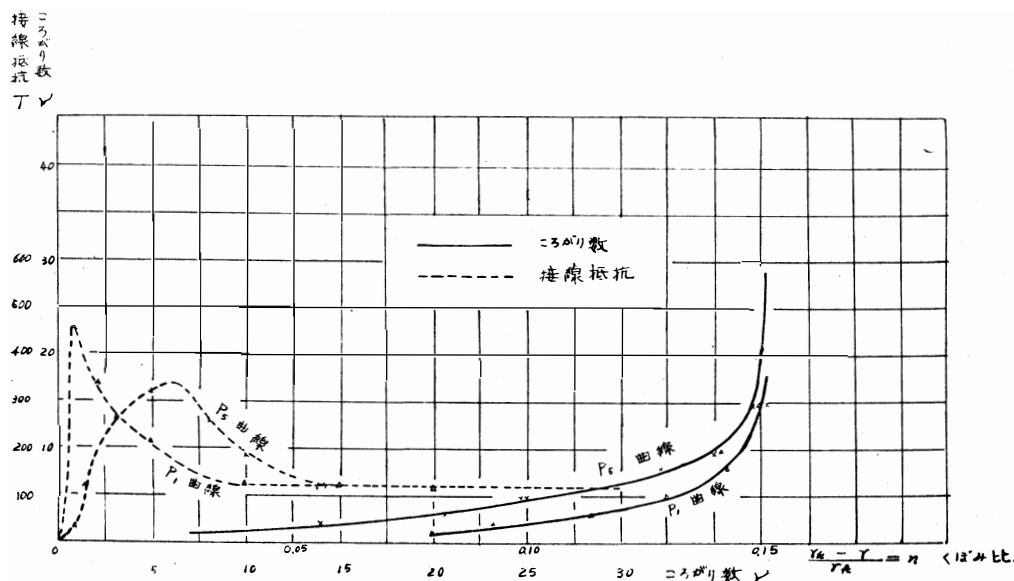


図-5

なるが $P_5$ 曲線は可なり両者が似てくる、これは $P_1$ 曲線の場合は最初から2500kgの負荷をなししかも移動ダイスの送り速度が極めて早い為めに、移動ダイスが素材に接した瞬間は荷重が一種の衝撃的荷重となり静的荷重として計算した理論値よりも最初のくぼみが遙かに大きくなる為めである。

$P_5$ 曲線の場合は最初の負荷は極めて小さく又移動ダイスの送り速度も比較的遅いから衝撃的荷重としての効果がうすい為めに理論曲線に近よるのである。この様な考へに基づいて最初のくぼみ比のみを各々の場合について実測し、その後を理論式に基づいて計算を行なつてみると図-6の如くなる、この図によると実測値と極めて近似してることがわかる、このことから移動ダイスの転造

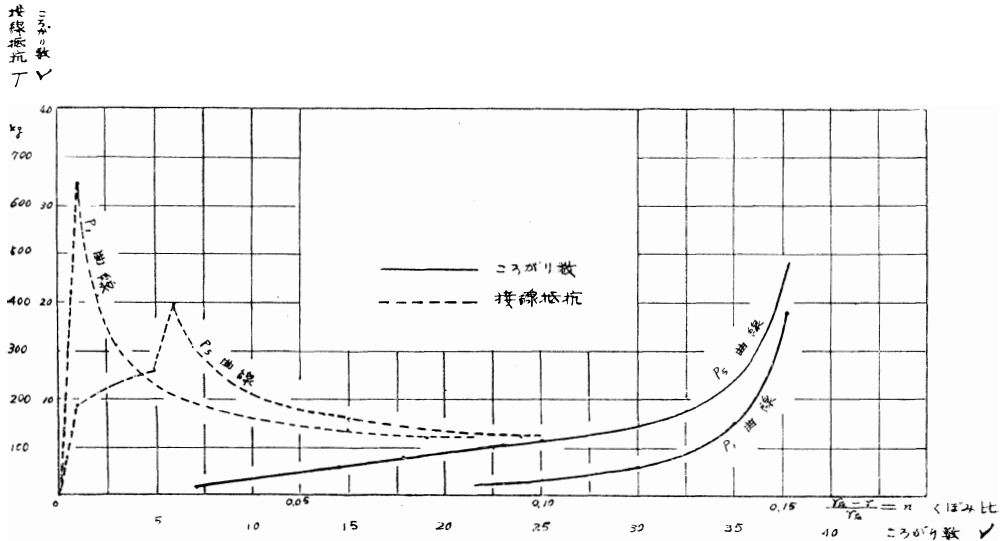


図-6

速度が早く且つ負荷が急激に増大する様な転造方式を採用する場合は最初のくぼみはその条件に対応した実測値を求めてから理論的に計算するのが妥当である、次ぎに接線抵抗と素材のころがり数との関係についても矢張りこれと同様な傾向を示す、理論的に求めた図-4に対応するころがり数と接線抵抗との関係は図-4に同時に示す、又最初一回のくぼみを実測によつて求めその後を理論式によつて求めた図-6に対応する曲線が図-6に同時に示す通りである、図-6の接線抵抗と図-5の実測曲線とを比較すると $P_1$ 曲線に於いて特に大きな値となるのは、 $P_1$ 曲線の場合は移動ダイスの送り速度が早いとこの場合の最初の負荷が2500kgと云う大きな値である為めにダイスが素材に接触した瞬間に或る程度のくぼみを生じ、その後一回転目に生ずるくぼみの量から最初の瞬間的くぼみを控除したものが実際の接線抵抗として現れてくるからである、 $P_5$ 曲線の場合はこの意味からして送り速度が比較的遅いとの最初の負荷が小さいので素材に接触した瞬間のくぼみは極めて小さく可なり理論曲線に近づく、又何れの場合も毎回転に於ける荷重が一定階段的に変化すると云う仮定に基づいて理論式を立てた結果、実際の負荷状態と少々異なる故に一般に各数値は稍高めにすることが推察される、次ぎに理論式の妥当性を打診する為めに既往の各理論式と比較検討を試みる、先づ山本の理論は次の如く示されている。

$$\nu_0 = \frac{1}{24} \left( \frac{HL}{P_0} \right)^2 d_k h + \frac{2}{3} \nu_1^{(4)} \quad \dots\dots\dots (33)$$

上式中  $P_0$  = 所定の転造圧力 = 2500kg

$d_k$  = 素材径mm = 7.15mm

$\nu_1$  = 所定の転造圧力になる迄の素材のころがり数

$h$ =ねぢの高さ $\text{mm}=1.08\text{mm}$

$H$ =変形抵抗 $=400\text{kg/mm}^2$

$L$ =ねぢ部の長さ $=30\text{mm}$

$\nu_1=1$ 及び $5$

$$P_1 \text{ 負荷の場合 } \nu_0 = \frac{1}{24} \left( \frac{400 \times 30}{2500} \right)^2 \times 7.15 \times 1.08 + \frac{2}{3} \times 1 = 8.07$$

$$P_5 \text{ 負荷の場合 } \nu_0 = \frac{1}{24} \left( \frac{400 \times 30}{2500} \right)^2 \times 7.15 \times 1.08 + \frac{2}{3} \times 5 = 10.74$$

$$\text{Apelの実験式 } \left. \begin{aligned} t_0 &= \frac{C_1 L p}{P_0 N k} \quad (t_1 < 0.3) \\ t_0 &= \frac{C_1 L p}{P_0 N k} + \frac{1}{2} t_1 \quad (t_1 > 0.3) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (34)$$

上式中  $t_0$ =転造完了迄の時間

$C_1$ =定数 $=0.6 \sim 1.3 \times 10^5$

$k$ =ねぢ条数 $=16$

$L$ =ねぢ部長さ $=30\text{mm}$

$P$ =ピッチ $=1.25\text{mm}$

$N$ =ダイス毎分回転数 $=43$

$p_0$ =転造圧力 $=2500\text{kg}$

$t_1$ =圧力上昇時間 $=0.087$ 及び $0.416$

$$t_0 = \frac{0.6 \sim 1.3 \times 10^5 \times 30 \times 1.25}{2500 \times 43 \times 16} = 1.30 \sim 2.83 \text{秒}$$

$$t_0 = \frac{0.6 \sim 1.3 \times 10^5 \times 30 \times 1.25}{2500 \times 43 \times 16} + \frac{1}{2} \times 0.416 = 1.51 \sim 3.04 \text{秒}$$

転造終了までの素材のころがり数は

$$P_1 \text{ 負荷の場合 } \nu_0 = \frac{N k t_0}{60} = \frac{43 \times 16 \times 1.30 \sim 2.83}{60} = 14.9 \sim 32.4$$

$$P_5 \text{ 負荷の場合 } \nu_0 = \frac{43 \times 16 \times 1.51 \sim 3.04}{60} = 17.3 \sim 34.8$$

以上の如く各式によつてその結果は異なり何れがよいのか判断に苦しむ、更らに三針法によつてねぢの有効径を測定してみると素材のころがり数20以上に於いてねぢ山も完成し有効径が変化もなくなる、しかしこの場合何れの負荷状態に於いても一般に有効径が小さくなる即ちねぢは長さの方向に $0.06\text{mm}$ 位伸びる。以上の各実験結果から見るとApelの実験式が比較的筆者の式及び実験結果と近似する様に考へられる、 $P_1$ 負荷状態と $P_5$ 負荷状態との転造時間の関係を見るに理論的に考へると $P_1$ 負荷の場合が $P_5$ 負荷の場合よりころがり回数が多くなる、然し材料の変形抵抗の小さい場合は最初のダイスと素材との接触瞬間に於けるくぼみが静的荷重が負荷された場合より遙かに大きくなるために図-6に示す如く $P_1$ 曲線は $P_5$ 曲線より下側に来て実際の転造に要する素材のころがり回数が小さくなつてくる、然し変形抵抗が大きい場合はダイスと素材との最初の接触瞬間におけるくぼみは比較的静的荷重のそれに近くなるため $P_1$ 負荷状態の場合が $P_5$ 負荷状態の場合より転造に要する素材のころがり回数が大きくなる、即ち換言すると軟かい材料の転造の場合には移動ダイスの送り方は $P_1$ 負荷状態に近い方がよく、又硬い変形抵抗の大きい材料の転造の場合は $P_5$ 負荷状態に近い方が転造効果があることになる。

## 5 結 論

以上の理論式と実験結果より油圧式ねぢ転造盤によつてねぢを転造する場合ダイスの送り条件を如何様によれば最も経済的且つ効果的かが判定される。

即ち

1. 最高転造圧力一定とした場合転造に要する素材のころがり回数は送り条件及び材料の変形抵抗によつて支配される。
2. 変形抵抗の大きい材料の転造にはダイスの送りを遅くした方が効果的である。
3. 変形抵抗の小さい材料の転造にはダイスの送りを早くした方が有効である。
4. 接線抵抗即ち所要動力は  $P_1$  負荷状態の如く送りが早い場合は素材の一回転目に最高値に達し  $P_5$  負荷状態の如く送りが遅い場合は第6回目に最高値に達しその後は何れも急減する又その最高値はそれぞれ転造圧力の18%及び13%程度である。

## 参 考 文 献

- (2) 山本 晃 ねぢ転造の研究論文 P.26
- (1) 井上 成恭 主として中空管のねぢ転造について、機械学会誌 Vol 62 NO.489, oct 1959, P.1458
- (3)(4) 山本 晃 ねぢ転造の研究論文 P.41~P42
- (5) H. Apel Gewindewalzen, Kaltverformung von Präzisionsgewinden und Spindeln, Carl Hanser Verlag (1952) P.93~P.96

頁 ・ 行 目	誤	正	頁 ・ 行 目	誤	正
11頁 表中 3行目	直列エンデンサ損	直列コンデンサ損	115頁 図-1	$(Zn^{++}(cd^{++})-Cd^{++})$	$(Zn^{++}+Cd^{++})-Cd^{++}$
11頁 表中 B列	垂 数	乗 数	118頁	Abs.ract : 4行目	students
11頁 下より7行目	界磁々東による鉄損	界磁々東による鉄損	" 4行目	Coubustion	Combustion
23頁 最後の行	$V = \frac{C}{q}$	$V = \frac{b}{C}$	" 12行目	Combusitility	Combustibility
29頁 7行目	$V = \frac{C}{q}$	$V = \frac{q}{C}$	123頁 図-1	Tcrit	Xcrit
33頁 5行目	thio	thio-		Smin	上の点線の位置
52頁 9行目	液相成	液組成		Sminの跡に	fを書く
52頁 下より3行目	$dC_{ClO} / dt$	$-dC_{ClO} - dt$	128頁 上2行目	体積力が物	体積力が無
53頁 下より17行目	$\int_{t_2}^{t_1}$	$\int_{t_1}^{t_2}$	128頁 下2行目	$p_1 > 0$	$p > 0$
53頁 下より16行目	Volume	volume	130頁 下10行目	$[h\chi_1 + h\chi_2 + h\chi_3]_{\alpha=\beta=0}$	$[h\chi_1 + h\chi_2 + h\chi_3]_{\alpha=\beta=0} = 0$
54頁 最下行	907	607	132頁 上12行目	$\left\{ 2n(n - \frac{\coth n\beta_1}{\beta_1} - Ko) \right\}$	$\left\{ 2n(n - \frac{\coth n\beta_1}{\beta_1}) - Ko \right\}$
57頁 1行目	2.3 試薬およびカルシウ錯化合物	2.3 試薬およびカルシウム錯化合物	135頁 19行目	$\sigma \times$	$\sigma_x$
58頁 2行目	カルシウ 1 $\mu$ g/ml	カルシウム 1 $\mu$ g/ml	139頁 17行目	$\int \frac{dn}{\sqrt{1 - \frac{2}{k} rkn}}$	$\int \frac{dn}{\sqrt{1 - \frac{2}{h} r_k n}}$
105頁 表-6 (10行目)	0.2012	0.0012	139頁 17行目	$\frac{-h}{r_k} \sqrt{1 - \frac{2}{h} rkn}$	$\frac{-h}{r_k} \sqrt{1 - \frac{2}{h} r_k n}$
105頁 表-7 (4行目)	94.50	94.60	141頁 6行目	$LH\gamma_K^* \tan \frac{\alpha}{2} \left( \frac{n_s^*}{n_{s-1}} - n_s^* \right)$	$LH\gamma_K^* \tan \frac{\alpha}{2} \left( \frac{n_s^*}{n_{s-1}} + n_s^* \right)$
111頁 表-1	Cu,	Cu,		$\frac{p}{p}$	$\frac{p}{p}$
114頁 上より3行目	0.01%デツゾン	0.01%ジチゾン	159頁 下から11行目	総合有効径基準寸法	総合有効径の基準寸法
114頁 上より4行目	くりかえす,	くりかえす。	161頁 10行目	ナット内には生じた	ナット内に生じた